



Hochleistungsfasern, die hohen Temperaturen ausgesetzt waren, verlieren meist unerkannt ihre mechanischen Eigenschaften und können im schlimmsten Fall genau dann reißen, wenn Leben davon abhängen. Zum Beispiel Sicherheitsseile der Feuerwehr oder Tragseile für schwere Lasten auf Baustellen. Empa-Forschende haben eine Beschichtung entwickelt, die die Farbe wechselt, wenn sie hohen Temperaturen durch Reibung oder Feuer ausgesetzt war.

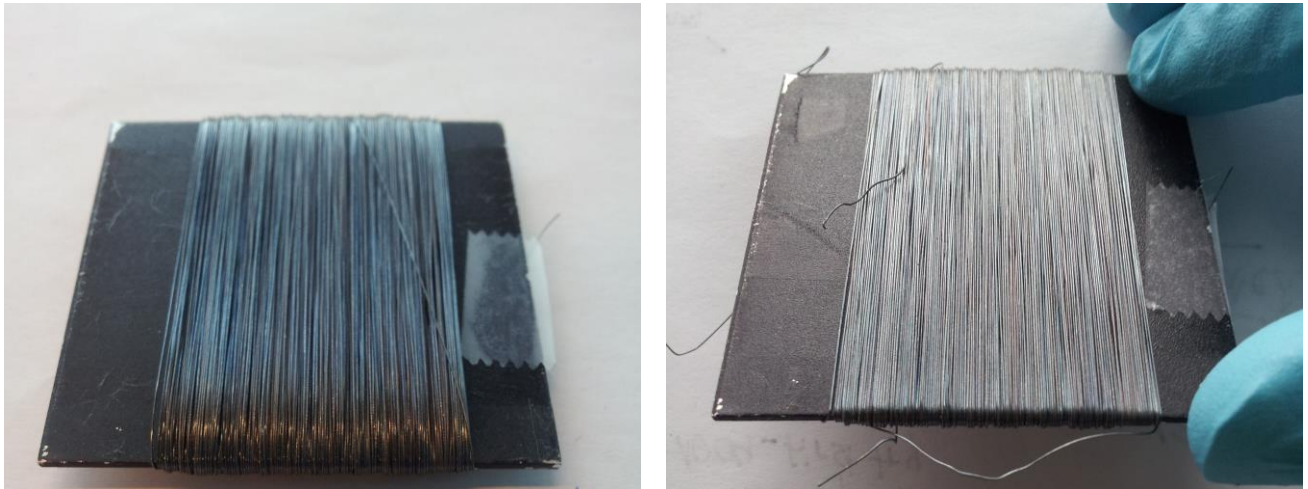


Foto: Pixabay

Der Feuerwehrmann rennt ins brennende Gebäude und durchsucht systematisch Raum für Raum nach Personen, die Rettung bedürfen. An ihm befestigt ist ein Sicherheitsseil, an dessen anderem Ende die Kollegen draußen vor dem Haus warten und ihn im Notfall – sollte er aus irgendwelchen Gründen das Bewusstsein verlieren – aus dem Gebäude ziehen oder ihm zur Rettung ins Gebäude folgen können. Ist dieses Seil allerdings bei vorherigen Einsätzen zu großer Hitze ausgesetzt gewesen, kann es vorkommen, dass es reißt. Das bedeutet Lebensgefahr!

Bislang gab es keine Möglichkeit, dem Seil diese Schäden anzumerken. Ein Forscherteam der Empa und der ETH Zürich entwickelten eine Beschichtung, die aufgrund der physikalischen Reaktion mit Hitze ihre Farbe

wechselt und so deutlich anzeigt, ob ein Seil auch zukünftig noch die Sicherheit bietet, die es verspricht.



Das beschichtete Polyester-Filament vor (links) und nach dem Hitzetest bei 150 Grad (rechts). Der Farbwechsel von blau nach weiß ist deutlich zu erkennen und die Sicherheit des Produktes nicht mehr gewährleistet. Foto: Empa

Forschende der ETH Zürich und der Empa entwickelten 2018 im Rahmen einer Masterarbeit ein Beschichtungssystem, das das Empa-Team 2021 auf Fasern anwenden konnten. "Das war ein Prozess mit mehreren Schritten", so Dirk Hegemann von der Empa-Abteilung Advances Fibers. Die ersten Beschichtungen funktionierten lediglich auf glatten Oberflächen; die Methode musste also zunächst einmal so angepasst werden, dass sie auch bei gekrümmten Flächen funktioniert. Die Empa verfügt beim Beschichten von Fasern über ein breites Know-How – so haben Hegemann und sein Team in der Vergangenheit bereits elektrisch leitfähige Fasern entwickelt. Das sogenannte Sputtering kam nun auch bei der neusten Beschichtung erfolgreich zum Einsatz.

Damit die Faser bei Hitze auch tatsächlich ihre Farbe verändert, sind drei Schichten nötig. Auf die Faser selbst, im Falle der Forschungsarbeit PET (also Polyester) und Vectran™, eine Hightech-Faser, bringen die Forschenden Silber auf. Dieses dient als Reflektor – also als metallische Basisschicht. Dann folgt eine Zwischenschicht aus Titan-Stickoxid, die dafür sorgt, dass das Silber stabil bleibt. Und erst dann folgt jene amorphe Schicht, die für die Farbveränderung sorgt: Gerade einmal 20 Nanometer dünnes Germanium-Antimon-Tellurium (GST). Wird diese Schicht erhöhten Temperaturen ausgesetzt, kristallisiert sie; dadurch verändert sich der Farbeindruck, etwa von blau nach weißlich. Der Farbumschlag basiert auf einem physikalischen Phänomen, der so genannten Interferenz. Dabei treffen zwei unterschiedliche Wellen (z.B. Licht) aufeinander und verstärken sich beziehungsweise schwächen sich gegenseitig ab. Abhängig von der chemischen Zusammensetzung der temperatursensitiven Schicht lässt sich diese Farbveränderung auf einen Temperaturbereich zwischen 100 und 400 Grad einstellen und damit an die mechanischen Eigenschaften des Fasertyps anpassen.

### Maßgeschneiderte Lösungen

Noch sind die möglichen Anwendungsgebiete der farbverändernden Fasern offen, und Hegemann ist auf der Suche nach möglichen Projektpartnern. Nebst Sicherheitsausrüstung für Feuerwehrleute oder Bergsteiger lassen sich die Fasern auch für Lastseile in Produktionsstätten, auf Baustellen usw. nutzen. Die Forschung am Thema ist jedenfalls noch längst nicht abgeschlossen. So lässt sich die Fasern zurzeit noch nicht über län-





Foto: Pixabay

## Informationen:

Dr. Dirk Hegemann

Advanced Fibers

Tel. +41 58 765 7268

[Dirk.Hegemann@empa.ch](mailto:Dirk.Hegemann@empa.ch)

gere Zeiträume lagern, ohne ihre Funktionalität zu verlieren. «Leider oxidieren die Phase-Change-Materialien im Verlauf von einigen Monaten», so Hegemann. Das bedeutet, dass der entsprechende Phasenwechsel – die Kristallisation – selbst bei Hitze nicht mehr stattfindet und das Seil somit sein «Warnsignal» verliert. Dass das Prinzip funktioniert, ist jedenfalls bewiesen und die Haltbarkeit ein Thema zukünftiger Forschung, so Hegemann. «Sobald erste Partner aus der Industrie ihr Interesse für eigene Produkte anmelden, lassen sich die Fasern entsprechend ihren Bedürfnissen weiter optimieren».

*Quelle: EMPA, Andrea Six*